

**ANALISIS GUGUS FUNGSI KIMIA DAN DEGRADASI PERMUKAAN
BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI *SILICONE RUBBER*
DAN ABU SEKAM YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI**



TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Syarat-syarat Untuk
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Diajukan oleh:

ENDRO SUSANTO

D 400 030 089

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2007

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini dengan judul “ **ANALISIS GUGUS FUNGSI KIMIA DAN DEGRADASI PERMUKAAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI *SILICONE RUBBER* DAN ABU SEKAM YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI**” diajukan guna memenuhi kelengkapan sebagai syarat tugas akhir untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tugas akhir ini telah disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Agus Supardi,ST, MT.

Hasyim Asy'ari, ST.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini dengan judul “ **ANALISIS GUGUS FUNGSI KIMIA DAN DEGRADASI PERMUKAAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI *SILICONE RUBBER* DAN ABU SEKAM YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI**”. Tugas Akhir ini telah diajukan dan dipertahankan di depan dewan penguji Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, pada :

Hari :

Tanggal :

Dewan Penguji Tugas Akhir :

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1 Agus Supardi, S.T, M.T | |
| 2. Hasyim Asy'ari, S.T. | |
| 3. Umar Hasan, S.T, M.T. | |
| 4. Aris Budiman, S.T, M.T.. | |

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ir.H. Sri Widodo, MT.

Ir. Jatmiko, M.T

ABSTRAKSI

Isolator polimer tegangan tinggi pasangan luar pemakaiannya bertambah luas pada saluran transmisi dan distribusi udara dengan tegangan variasi yang semakin tinggi, serta telah dipasarkan secara masal. Isolator polimer mulai dikembangkan karena jenis isolator ini memiliki sifat lebih ringan, sifat dielektrik, resistivitas volume, sifat thermal dan kekuatan mekanik yang lebih baik, serta pemasangan dan penanganan yang lebih mudah daripada jenis isolator gelas dan keramik. Keunggulan lain dari isolator jenis ini yaitu dapat dibuat pada suhu ruang sehingga secara ekonomis lebih menguntungkan.

Dalam rangka untuk mengetahui pengaruh lama penuaan oleh UV (ultraviolet) terhadap watak kelistrikan (dalam penelitian ini adalah degradasi permukaan) bahan isolasi rtv resin epoksi pada bahan pengisi silicone rubber dan abu sekam padi. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan merupakan campuran dari DGEBA (Diglycidil Eter of Bisphenol A) sebagai bahan utama dan MPDA (Methaphenylene Diamine) sebagai pengeras dengan perbandingan 1:1, sedangkan bahan pengisi dari silicone rubber dan abu sekam dengan kadar dari 10% sampai 50% dan ukuran bahan uji adalah 70 x 70 x 5 mm. Prosedur penelitian mempergunakan polutan industri. Polutan disemprotkan pada sampel yang diletakkan pada lemari kaca dengan menggunakan metode semprot IEC 507. Kemudian pada sampel tersebut dilakukan simulasi ultraviolet dengan variasi penyinaran mulai dari 0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, dan 96 jam. Selanjutnya diadakan pengujian, pengamatan, pengukuran, dan perhitungan terhadap degradasi permukaan dan ESDD (Equivalent Salt Deposit Density). Pengukuran ESDD merupakan salah satu alternatif dalam penetapan intensitas polusi. ESDD merupakan tingkat kepadatan endapan garam pada permukaan isolator. Pengujian dilakukan pada suhu dan kelembaban serta tekanan udara sesuai dengan iklim tropis.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa secara umum dari segi kinerja degradasi permukaan bahan berpengisi silicone rubber dan abu sekam padi memiliki ketahanan terhadap pengaruh UV yang baik. Peningkatan lama penuaan oleh UV pada bahan pengisi silicone rubber dan abu sekam padi memberikan pengaruh penurunan nilai degradasi permukaan khususnya pada rentang kadar filler 10 % sampai 50 %.

Kata kunci : Degradasi permukaan, Polutan industri, Resin Epoksi, ESDD.

KONTRIBUSI



Segala puji hanyalah bagi ALLOH Azza wa Jalla, Tuhan semesta alam, Sang Raja manusia, dan yang menguasai setiap urusan yang senantiasa mencurahkan begitu banyak kenikmatan kepada para makhluknya yang tidak mungkin dapat kita kalkulasi. Nikmat-nikmat tersebut diantaranya adalah nikmat ilmu dan nikmat kemudahan dalam setiap urusan sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan baik dan peneliti dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik pula. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rosulullah SAW (Sang pembawa amanat dan risalah islam dari Rabb-nya), keluarga, sahabat, tabiin, tabiut-tabiin, serta orang-orang yang senantiasa mengikuti risalahnya.

Penelitian ini merupakan penelitian untuk thesis (S2) saudara Hasyim Asy'ari dan bekerja sama dengan mahasiswa, hal ini bertujuan untuk membantu mempersingkat masa studi dari para mahasiswa sehingga dapat menyelesaikan studi tepat pada waktunya. Posisi mahasiswa disini adalah sebagai praktisi (pelaksana penelitian) yang hasilnya dilaporkan kepada saudara Hasyim Asy'ari dalam bentuk laporan tugas akhir.

Bahan-bahan untuk membuat cetakan dan sampel uji dibeli bersama-sama rekan satu tim dengan biaya yang ditanggung oleh mahasiswa dan saudara Irawati Dewi, untuk bahan cetakan dibeli di kota Solo. Sedangkan DGEBA (*Diglycidil Eter of Bisphenol A*) sebagai bahan utama dan MPDA (*Methaphenylene Diamine A*) sebagai pengeras serta *silicone rubber* sebagai salah satu bahan pengisi di beli di Yogyakarta. Sedangkan untuk bahan pengisi yang satunya yakni abu sekam padi didapatkan dari industri batu bata, kemudian di bakar lanjut pada suhu 800 °C dan kemudian dilakukan pengayakan pada 325 Mesh. Polutan garam parang tritis buatan dibeli di laboratorium kimia analitik fakultas MIPA UGM.

Cetakan disusun sebelum membuat sampel uji. Pembuatan sampel uji dilakukan di rumah salah satu teman secara bersama. Kemudian untuk penyemprotan polutan dilakukan di laboratorium Teknik Tegangan

Tinggi Teknik Elektro UGM dan penyinaran UV dilakukan di rumah salah satu teman secara bersama-sama. Pembuatan sampel uji di mulai dari penimbangan bahan, pengadukan dan pencetakan. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk mengeringkan sampel uji minimal adalah 24 jam.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro UGM pada bulan Juli 2007 bersama rekan satu tim. Penelitian ini mendapat bimbingan dari asisten dan laboran Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro UGM.

Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir ini mengacu pada laporan penelitian sejenis dari para peneliti sebelumnya. Buku pegangan penulisan laporan dan berbagai proceeding seminar dan simposium baik nasional maupun internasional yang berkaitan dengan penelitian ini didapat dari salah satu dosen pembimbing tugas akhir ini, dan buku-buku sebagian didapat dari perpustakaan.

Penyusunan laporan tugas akhir ini saya kerjakan sendiri sampai akhirnya Alloh Azza wa Jalla mengijinkan penyusun berhasil menyelesaikan laporan ini dengan baik.

Demikian daftar kontribusi ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surakarta, September 2007

Mengetahui,

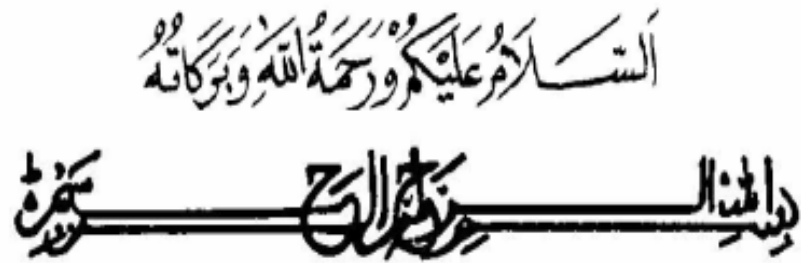
Dosen Pembimbing

Mahasiswa Tugas Akhir / Skripsi

Hasyim Asy'ari, S.T.

Endro Susanto

KATA PENGANTAR



Segala puji hanyalah bagi-Mu ya Alloh ya Tuhanku, Tuhan semesta alam, yang menguasai hari pembalasan, Sang Raja manusia, engkau tempat bergantung segala urusan, yang menguasai semua urusan-urusanku. Engkau senantiasa menganugrahkan begitu banyak nikmat kepadaku sehingga aku bisa menikmati indahnya iman, islam dan dunia saat ini serta bisa menyelesaikan karya tugas akhir ini dengan baik

Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW (Sang Reformis sejati), keluarganya, sahabat, para tabi'in, tabiut-tabi'in dan orang-orang yang senantiasa mengikuti risalah dan jalannya hingga akhir zaman. Aamiin.

Tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai syarat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Adapun Tugas Akhir yang saya ajukan ini berjudul : ” **ANALISIS GUGUS FUNGSI KIMIA DAN DEGRADASI PERMUKAAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI *SILICONE RUBBER* DAN ABU SEKAM YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI** ”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan dan saran dari pembina serta pihak-pihak lain. Untuk itu penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sri Widodo, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Jatmiko, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta dan pembimbing utama dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hasyim Asy'ari, ST., selaku pembimbing kedua dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Aris Budiman, ST, MT., selaku pembimbing akademik selama penulis menempuh studi di Universitas Muhammadiyah Surakarta, terima kasih atas bimbingan dan nasehatnya.
5. Ibu Umi Fadillah, ST., selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak/Ibu dosen Fakultas Teknik Elektro yang selama ini telah memberikan bekal ilmu pengetahuan yang sangat berharga kepada penulis.
7. Ayahanda (Bapak Wardi) dan Ibundaku (Ibu Wakinem/Minuk) tercinta yang senantiasa memperjuangkan hidup dan pendidikanku. Perhatian, Cinta dan Kasih Sayang serta Doamu adalah hidupku. Terima kasih atas perjuangan, pengorbanan, usaha, daya dan upayanya selama ini, Tanks

You For Everything. You Are My “HERO”. “Yaa Allah berilah aku kesempatan, kemampuan dan kekuatan untuk memuliakan, membahagikan dan **menghajikan** Ayahanda dan Ibundaku”.

8. Kakekku dan Nenekku (Ki Sakimin dan nyi Tukiyem, Ki Karto dan nyi Muji), terima kasih atas nasehat-nasehat bijaknya yang berharga dalam hidupku.
9. Adikku tercinta Heni Lina Ningsih (Henun), mau sekolah setinggi apapun akan kakak biayai, dan yang jelas fasilitas apapun akan kakak kasih.
10. Sepupu-sepukuku tercintaku; Kak Sinta, Gina, Deck Dewi, Diyah, Retno, Iqbal, Hexy, Ayun, Raras,,I love YOU...
11. Laborat dan Assisten Laboratorium Teknik TeganganTinggi UGM (Pak Daryadi dan Mas Hari)
12. Keluarga besarku **TiENS**, Andri “Cuil” Kurniawan terima kasih atas The Secretnya, Kristanto, Anton, Mufid, gunawan, Agus, Kuncoro, terima kasih atas kebersamaannya..*No Action Notting Happen, When You Take Action Mirecle Happen...Go FREEDOM.*
13. Kepada Rhonda Byrne, David J Schwartz, Dale Carnegie, terima kasih telah merubah pola pikirku. DAHSYAT
14. Teman-teman seperjuangan di proyek Tugas Akhir ini ; Eko ploroks, Sabari, Yudi Linduk, Andri, Hana Uban, Yayan, Taufik, Bambang, yoyok.

15. Semua pihak yang telah memberikan doa, semangat, nasehat, perhatian dan kasih sayang yang tidak dapat aku sebutkan satu persatu tanpa mengurangi rasa hormat.

Semoga Allah SWT memberkahi mereka-mereka yang selama ini banyak memberikan kebaikan dan hal yang bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun diri bagi penulis, sangat penulis harapkan dari para pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga penyusunan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kesejahteraan umat. Aamiin...

Jazakumullah khoiron Katsiron.

Wassalamu' alaikum Wr. Wb.

Surakarta, September 2007

Penulis

MOTTO

وَلْيَخْشَ الَّذِينَ لَوْ تَرَكَوْا مِنْ خَلْفِهِمْ ذُرِّيَّةً ضِعَافًا خَافُوا عَلَيْهِمْ فَلْيَتَّقُوا اللَّهَ
وَلْيَقُولُوا قَوْلًا سَدِيدًا (سورة النساء: 9)

Artinya:

*“Dan hendaklah takut kepada Allah orang-orang yang seandainya meninggalkan
di belakang mereka anak-anak yang lemah, yang mereka kuatir terhadap
(kesejahteraan) mereka. Oleh sebab itu hendaklah mereka bertakwa kepada Allah
dan hendaklah mereka mengucapkan perkataan yang benar”*

(Depag. RI, 2000: 62).

- ❖ Jadikan sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya yang demikian itu adalah berat, kecuali bagi orang-orang yang khusus (Al-Baqoroh : 45).
- ❖ Harapan adalah daya tarik yang kuat. Harapkan hal-hal yang Anda inginkan, dan jangan mengharapakan hal-hal yang tidak Anda Harapkan.
- ❖ Imajinasi adalah segalanya. Imajinasi adalah gambaran pendahulu dari peristiwa hidup yang menjelang (Albert Einstein)
- ❖ Skukur adalah jalan yang mutlak untuk mendatangkan lebih banyak kebaikan ke dalam hidup Anda (Marci Shimoff)

❖ TABAH ,ELING, LAN
WASPODHO

P.E.R.S.E.M.B.A.H.A.N

*Aku berlari hanya menuju kiblat-Mu, meninggalkan semua
kepenatan dan kebisingan dunia*

Kupersembahkan Karya ini untuk :

*Sang Pencipta Semesta, Allah SWT
Sujud syukurku atas segala Mukjizat-Mu*

*Tempat yang memberiku kesejukan hati dan kebahagiaan.
Bapak & Ibu Engkau adalah surgaku, Sujud baktiku untukmu*

*Adikku tercinta Heny lina Ningsih
Canda tawamu memberikan warna hari-hariku*

*Bintang kecilku....Sang Pencinta. Yang telah menambah keajaiban dalam hatiku
”Masih menjadi rahasia illahi”*

Teknik Elektro UMS dan Almamaterku

Sang Pemerhati, untuk sedikit karya ini lebih berarti

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAKSI.....	iv
DAFTAR KONTRIBUSI	v
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN MOTTO	xi
HALAMAN PERSEMBAHAN	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Faedah yang dapat diharapkan	4
1.7 Metode Penelitian.....	5
1.8 Sistematika Penulisan	6
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 8
2.1 Telaah Penelitian Terdahulu.....	8

2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Isolator.....	12
2.2.2 Polimer Umum.....	14
2.2.3 Struktur Fisik.....	19
2.2.4 Desain Sederhana Isolator Polimer	21
2.2.5 Degradasi Polimer.....	25
2.2.5.1 Penuaan Isolator Polimer	26
2.2.5.1.1 Penuaan Fisik	26
2.2.5.1.2 Penuaan Kimia	27
2.2.5.1.3 Penuaan Listrik	28
2.2.5.2 Kontaminasi Polutan Pada Permukaan Isolator	29
2.2.6 Kegagalan Bahan Isolasi.....	32
2.2.6.1 Gagal Elektrik	33
2.2.6.2 Gagal Panas.....	33
2.2.6.3 Gagal Pelepasan Muatan Sebagian	34
2.2.7 Resin Epoksi Sebagai Salah Satu Bahan Polimer.....	36
2.2.7.1 Karakteristik Dasar Resin Epoksi	37
2.2.7.2 Jenis-jenis Resin Epoksi.....	39
2.2.7.3 Pematangan Resin Epoksi.....	42
2.2.7.4 Aplikasi Resin Epoksi.....	44
2.2.8 Bahan Pengisi.....	46
2.2.8.1 <i>Silicone Rubber</i> Sebagai Bahan Pengisi.....	46

2.2.8.2 Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengisi.....	48
2.2.10 Pengukuran Konduktivitas.....	49
2.3 Hipotesis.....	51
BAB III METODE PENELITIAN.....	52
3.1 Bahan Penelitian	52
3.2 Alat Penelitian.....	53
3.3 Jalannya Penelitian.....	57
3.3.1 Pembuatan bahan uji	57
3.3.2 Pemberian polutan.....	59
3.3.3 Penyinaran Ultraviolet	61
3.3.4 Degradasi Permukaan.....	64
3.3.5 Pengukuran <i>ESDD</i>	64
3.4 Prosedur Penelitian	66
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	68
4.1 Hasil Pengujian	68
4.1.1 Hasil Pengukuran dan Perhitungan <i>ESDD</i>	68
4.1.2 Degradasi Permukaan foto mikroskop metalurgi.....	72
4.1.3 Degradasi Permukaan Hasil Pengujian Spectroscopy ATR-FTIR	74
4.2 Analisa Perhitungan <i>ESDD</i>	81
4.3 Analisis Pengujian Degradasi Permukaan.....	84
4.4 Analisis Spectrum Infra Merah Dengan ATR-FTIR.....	85

BAB V KESIMPULAN.....	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Contoh Penamaan Polimer	15
Gambar 2.2 Gaya intermolekul dan interatomik <i>ethylene</i> dan <i>polyethylene</i> ..	19
Gambar 2.3 Desain sederhana isolator polimer	23
Gambar 2.4 Contoh struktur resin epoksi	36
Gambar 2.5 Struktur kimia resin epoksi	36
Gambar 2.6 Struktur <i>Bisphenol A</i>	39
Gambar 2.7 Reaksi pembentukan <i>phenol</i>	40
Gambar 2.8 Reaksi pembentukan <i>acetone</i>	40
Gambar 2.9 Reaksi pembentukan <i>Bisphenol A</i>	41
Gambar 2.10 Reaksi pembentukan <i>Epichlorohydrin</i>	41
Gambar 2.11 Reaksi pembentukan <i>DGEBA</i>	42
Gambar 2.12 Struktur kimia <i>MPDA</i>	43
Gambar 2.13 Reaksi antara <i>DGEBA</i> dan <i>MPDA</i>	43
Gambar 2.14 Struktur Kimia <i>polydimethylsiloxane</i>	46
Gambar 3.1 Mikroskop Metalurgi.....	55
Gambar 3.2 Cetakan sampel uji	58
Gambar 3.3 Dimensi sampel uji.....	59
Gambar 3.4 Proses Pemberian Polutan	61
Gambar 3.5 Kotak penyinaran ultraviolet.....	62
Gambar 4.1 Foto Hasil Perbesaran Mikroskop Metalurgi	86
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Spectroscopy ATR-FTIR.....	86
Gambar 4.3 Grafik gabungan 3 dimensi hubungan nilai <i>ESDD</i> ,	

lama UV, filler.....	86
Gambar 4.4 Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> filler 10%	82
Gambar 4.5 Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> filler 20%	82
Gambar 4.6 Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> filler 30%.....	83
Gambar 4.7 Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> filler 40%.....	83
Gambar 4.8 Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> filler 50%.....	83
Gambar 4.9 Grafik hubungan lama penuaan (UV) terhadap <i>ESDD</i>	84

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Struktur kimia polimer umum.....	17
Tabel 2.2 Tingkat polusi dan lingkungannya.....	30
Tabel 2.3 Hubungan perbandingan karakteristik metode vulkanisasi <i>RTV</i> dan <i>HTV</i>	47
Tabel 2.4 Faktor <i>b</i>	49
Tabel 3.1 Spesifikasi komposisi dan jumlah sampel yang dicetak untuk masing-masing pengisi.....	52
Tabel 3.2 komposisi polutan industri Gresik buatan.....	53
Tabel 3.3 Data teknik lampu	63
Tabel 4.1 Nilai Konduktivitas dan Hasil Perhitungan <i>ESDD</i>	71
Tabel 4.2 Perbandingan perilaku spectrum IR sampel uji.....	75